

**Adaptive lambda control for individual cylinders of IC engine - involves estimation of adaptation value from measured temp. and two values characteristic of adaptation temperature-dependence**

Publication number: DE4236008

Publication date: 1994-04-28

Inventor: REMBOLD HELMUT DIPLO. ING (DE); GAESSLER HERMANN DIPLO. ING (DE); KLINKE CHRISTIAN DIPLO. ING (DE)

Applicant: BOSCH GMBH ROBERT (DE)

Classification:

- International: F02D13/02; F02D41/00; F02D41/14; F02D41/24;  
F02D41/34; F02D13/02; F02D41/00; F02D41/14;  
F02D41/34; (IPC1-7): F02D41/14; F02D13/02

- European: F02D13/02C4; F02D13/02K; F02D41/00D;  
F02D41/14D1D2; F02D41/14D5F; F02D41/24D2D

Application number: DE19924236008 19921024

Priority number(s): DE19924236008 19921024

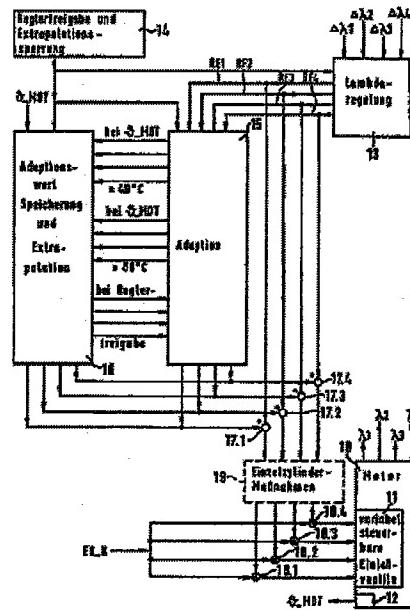
Also published as:

JP6207547 (A)

[Report a data error here](#)

**Abstract of DE4236008**

The individually controllable inlet valves (11) of the engine (10) are operated by signals from a selective controller (19) linked to a lambda regulator (13) both directly and via an adaptation device (15) with a storage and extrapolation unit (16). To start the engine before its O<sub>2</sub> sensor has warmed up, a temp. shift in the adaptation value is worked out and applied together with the measured temp. in estimation of an adaptation value for each cylinder. The estimate is used for correction of the valve control operation.  
USE/ADVANTAGE - For an engine with variable valve control; an esp. good regulation of air intake is achieved.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



## (12) Offenlegungsschrift

(10) DE 42 36 008 A 1

(51) Int. Cl. 5:

F02D 41/14

F 02 D 13/02

DE 42 36 008 A 1

(21) Aktenzeichen: P 42 36 008.0

(22) Anmeldetag: 24. 10. 92

(43) Offenlegungstag: 28. 4. 94

## (71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

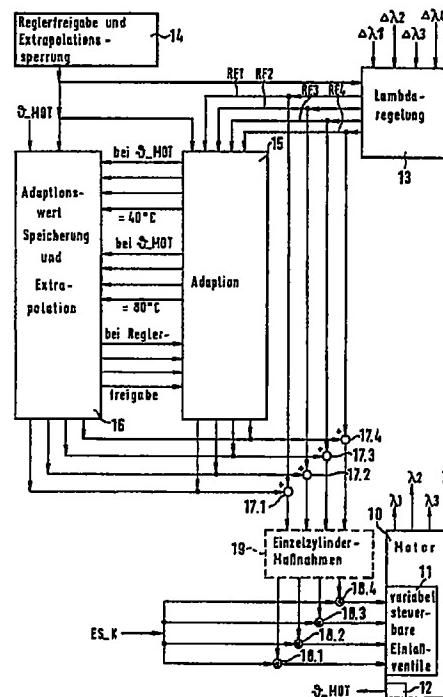
## (72) Erfinder:

Rembold, Helmut, Dipl.-Ing., 7000 Stuttgart, DE;  
Gässler, Hermann, Dipl.-Ing., 7143 Vaihingen, DE;  
Klinke, Christian, Dipl.-Ing., 7127 Pleidelsheim, DE

## (54) Verfahren und Vorrichtung zur adaptiven Einzelzylinder-Lambda Regelung bei einem Motor mit variabler Ventilsteuerung

(57) Bei einem Verfahren zur adaptiven Einzelzylinder-Lambda-Regelung der Einlaßventil-Öffnungszeitspannen bei einem Motor mit variabler Ventilsteuerung werden für jeden Zylinder mindestens zwei Adoptionswerte gespeichert, und zwar jeweils einer für zwei unterschiedliche Temperaturen. Mit Hilfe dieser zwei Werte bei den zwei unterschiedlichen Temperaturen wird für jeden Zylinder der Temperaturgang des Adoptionswertes in Abhängigkeit von der Motortemperatur bestimmt.

Wenn ein Motor neu gestartet wird und die Sauerstoffsonde noch nicht warm ist, so daß noch keine adaptive Lambdaregelung erfolgen kann, wird mit Hilfe des wie vorstehend bestimmten Temperaturgangs und der aktuell erfaßten Motortemperatur ein Adoptionswert für jeden Zylinder abgeschätzt. Mit Hilfe dieses abgeschätzten Adoptionswertes wird dann ein jeweiliger Vorsteuerwert zur Ventilsteuerung korrigiert.



## Beschreibung

Das Folgende betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur adaptiven Einzelzylinder-Lambdaregelung der Einlaßventil-Öffnungszeitspannen bei einem Verbrennungsmotor mit variabler Ventilsteuerung.

## Stand der Technik

Ein derartiges Verfahren und eine derartige Vorrichtung sind im Dokument P 39 40 752 beschrieben. Das bevorzugte Ausführungsbeispiel betrifft eine Regelung der Luftzufuhr dadurch, daß die Einlaßventile für alle Einzelzylinder jeweils beim selben Kurbelwellenwinkel, bezogen auf den Beginn des Ansaughubs, geöffnet werden, jedoch zu einem jeweiligen Winkel geschlossen werden, der abhängig von der anzusaugenden Luftmenge vorgesteuert und durch die Lambdaregelung feingeregt wird. Dabei ist der Vollständigkeit halber angegeben, daß der Regler auch adaptiv arbeiten kann.

Zur adaptiven Lambdaregelung der Kraftstoffzufuhr sind zahlreiche Varianten bekannt, um verschiedenen Gesichtspunkten möglichst optimal genügen zu können. Die Vielfalt der von dorther bekannten Problemlösungen macht es augenscheinlich, daß es schwierig ist, für jede Einzelanwendung das jeweils optimale Adoptionsverfahren und die zugehörige Vorrichtung zu entwickeln.

Es bestand demgemäß das Problem, ein adaptives Lambdaregelungsverfahren und eine zugehörige Vorrichtung anzugeben, die zur Regelung der Luftzufuhr bei einem Motor mit variabler Ventilsteuerung besonders gut geeignet sind.

## Darstellung der Erfindungen

Das erfindungsgemäße Verfahren ist durch die Merkmale von Anspruch 1 und die erfindungsgemäße Vorrichtung ist durch die Merkmale von Anspruch 3 gegeben.

Das erfindungsgemäße Verfahren trägt der Beobachtung Rechnung, daß die Stellcharakteristik variabel angesteuerter Einlaßventile relativ stark temperaturabhängig ist. Um trotz dieser Temperaturabhängigkeit bereits ab dem Start eines Motors, zu dem eine Sauerstoff-Meßsonde, wie sie zur Lambdaregelung verwendet wird, noch gar nicht betriebsfähig ist, eine Gleichstellung der von den Zylindern angesaugten Luftmassen zu erzielen, wird wie folgt verfahren. Bei betriebsfähiger Sonde werden Adoptionswerte temperaturabhängig erfaßt, und aus den Meßwerten wird der von der Motortemperatur abhängige Gang des Adoptionswertes bestimmt, um dann mit diesem ermittelten Wert einen Adoptionswert aus der aktuellen Motortemperatur nach dem Start eines Motors bereits dann abschätzen zu können, wenn die Sauerstoffsonde noch gar nicht betriebsfähig ist.

Wenn der Temperaturzusammenhang linear ist, reicht es für jeden Zylinder aus, den jeweils aktuellen Adoptionswert bei einer Motortemperatur von 40°C und dann von 80°C zu erfassen und daraus die Steigung der Adoptionswert/Motortemperatur-Geraden zu erfassen. Mit Hilfe dieser Steigung und des Adoptionswertes bei z. B. 40°C kann dann für jede beliebige andere Motortemperatur der zugehörige Adoptionswert abgeschätzt werden.

Beim genannten Beispiel können als Werte, die für den Temperaturgang charakteristisch sind, entweder

die zwei genannten Adoptionswerte bei den zwei genannten Temperaturen abgespeichert werden, oder es kann der Adoptionswert bei einer Temperatur und die genannte Steigung abgespeichert werden. Wenn der Zusammenhang nicht linear ist, z. B. parabelförmig oder exponentiell, müssen mindestens drei Adoptionswerte bei jeweils unterschiedlichen Temperaturen erfaßt werden, und es müssen diese drei Werte abgespeichert werden oder einer der Werte und eine aus allen drei Werten bestimmte Parabolkonstante bzw. Zeitkonstante.

Wenn ein Motor bei einer Temperatur von z. B. 100°C abgestellt wird, gilt für die Adaption ein anderer Wert als dann, wenn er z. B. bei 20°C wieder gestartet wird und 15 Sekunden nach dem Start die Sauerstoffsonde betriebsbereit ist. Würde dann der zuletzt gelöste Adoptionswert weiterverwendet werden, was bei Adoptionsverfahren eigentlich die übliche Vorgehensweise ist, würde die Adaption mit einem ziemlich falschen Wert starten. Vorzugsweise wird daher bei Start der Adaption nicht der zuletzt geltende Wert verwendet, sondern es wird von demjenigen Wert ausgegangen, wie er für diejenige Motortemperatur abgeschätzt wurde, die zum Zeitpunkt der Freigabe der Sauerstoffsonde vorliegt.

Als Motortemperatur kann jede beliebige Temperatur verwendet werden, die in Zusammenhang mit der Stellcharakteristik der Einlaßventile steht. Wenn der Motor wassergekühlt ist, ist es besonders zweckmäßig, die Kühlwassertemperatur als maßgebliche Motortemperatur zu erfassen. Wenn eine hydraulische Steuereinrichtung vorliegt, ist es zweckmäßig, die Öltemperatur des Motors zu erfassen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist zum Ausüben des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet. In der Praxis wird sie vorzugsweise durch einen entsprechend programmierten Mikroprozessor realisiert.

## Zeichnung

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung werden im folgenden anhand von durch Figuren veranschaulichten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen: Fig. 1 ein Blockdiagramm einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur adaptiven Einzelzylinder-Lambdaregelung der Einlaßventilöffnungszeitspannen bei einem Motor mit variabler Ventilsteuerung; Fig. 2 ein Flußdiagramm eines Verfahrens, das mit der Vorrichtung gemäß Fig. 1 ausführbar ist; und Fig. 3 ein Diagramm, das die Abhängigkeit eines Adoptionswertes AW von der Motortemperatur 9\_MOT zeigt.

## Darstellung von Ausführungsbeispielen

Fig. 1 zeigt schematisch einen Verbrennungsmotor 10 mit variabel ansteuerbaren Einlaßventilen 11 und einem Motortemperatursensor 12, eine Lambdaregelungseinrichtung 13, eine Freigabeeinrichtung 14 zur Reglerfreigabe mit gleichzeitiger Sperrung von Adoptionswertextrapolation, eine Adaptionseinrichtung 15, einen Adoptionswert-Speicher/Extrapolator (16), vier Addierer 17.1 bis 17.4, vier Multiplizierer 18.1 bis 18.4 sowie eine Einrichtung 19 für Einzelzylindermaßnahmen, die wahlweise vorhanden sein kann.

Alle diese Einrichtungen befinden sich innerhalb eines größeren Systems, wie es ausführlich im Dokument P 39 40 752 beschrieben ist. Auf die dortigen Ausführungen wird Bezug genommen. Hier werden nur Unter-

schiede erläutert.

Für die folgenden Erläuterungen wird auf einen Betrieb Bezug genommen, gemäß dem der Kurbelwellenwinkel, bei dem ein Einlaßventil geöffnet wird, dauernd konstant gehalten wird, jedoch der Kurbelwellenwinkel, bei dem es wieder geschlossen wird, abhängig von der anzusaugenden Luftmenge verändert wird. Bei welchem Winkel ein Ventil zu schließen ist, wird für einen jeweiligen Motortyp abhängig von der Motordrehzahl und der vorgegebenen Last ermittelt. Der Zusammenhang wird in Form eines Kennfelds oder in Form einer Gleichung in ein Steuergerät eingespeichert. Tritt dann beim tatsächlichen Fahrbetrieb ein bestimmtes Wertepaar von Motordrehzahl und Last auf, wird aus diesem Wertepaar und dem abgespeicherten Zusammenhang mit dem Kurbelwellenwinkel, zu dem das Einlaßventil zu schließen ist, der letztere bestimmt. Der ausgelesene Wert kann dann noch vorkorrigiert werden, z. B. abhängig von der Motortemperatur, der Lufttemperatur und/oder dem Luftdruck, wie im Dokument P 39 40 752 beschrieben. Es liegt dann der korrigierte Wert ES\_K für Einlaß schließen vor, wie er in Fig. 1 unten links einge tragen ist. Dieser Wert wird durch die Multiplizierer 18.1 bis 18.4 für jeden Zylinder mit einem jeweils individuellen Adoptionswert modifiziert.

Im folgenden wird beschrieben, wie die eben genannten Adoptionswerte bestimmt werden. Dazu sei ange nommen, daß die (nicht dargestellte) Sauerstoffsonde für jeden der Einzelzylinder bereits betriebswarm ist und einen Lambdawert ausgibt, der von einem Sollwert abgezogen wird, um für jeden Zylinder eine Regelabweichung zu bestimmen, also Werte NII1 bis NII4. Aus diesen Regelabweichungen bestimmt die Lambdaregelungseinrichtung 13 nach einem vorgegebenen Algorithmus, z. B. einem reinen P-Algorithmus, Regelfaktoren RF1 bis RF4. In der Adaptionseinrichtung 15 wird für jeden Regelfaktor der Unterschied zum Wert 1 mit einer vorgegebenen Zeitkonstanten aufintegriert, und jeder aufintegrierte Wert wird im zugehörigen der Addierer 17.1 bis 17.4 zum zugehörigen Regelfaktor RF1 bis RF4 addiert. Insoweit handelt es sich um eine standartmäßige Form einer Adaption.

Um die Funktion der Adoptionswert-Speicherungs/Expolations-Einrichtung 16 zu erläutern, sei zunächst das Diagramm von Fig. 3 kommentiert. Es sei angenommen, daß ein Motor bei einer Kühlmitteltemperatur und damit Motortemperatur von 20°C gestartet wird. Die Sauerstoffsonde ist dann abhängig von ihrem Aufbau, insbesondere davon, ob sie beheizt ist oder nicht, nach etwa 10 bis 30 Sekunden betriebswarm. Die Motortemperatur hat in dieser Zeitspanne noch kaum zugenommen. Sobald die Sonde für einen Zylinder betriebswarm ist, wird die Regelungseinrichtung 13 für den betreffenden Zylinder freigegeben, und es wird von ihr ein Regelungsfaktor ermittelt. Aus dessen Abweichung vom Wert 1 wird wiederum ein Adoptionswert von der Adaptionseinrichtung 15 bestimmt. Wenn nun die Motortemperatur ansteigt, zeigt sich, daß der Adoptionswert im wesentlichen linear mit der Motortemperatur anwächst, wie dies in Fig. 3 dargestellt ist. Etwa 10 Minuten nach dem Start hat der Motor eine Temperatur von 80°C erreicht. Da somit der Anstieg der Motortemperatur relativ langsam vor sich geht, kann die Adaption mit relativ großer Zeitkonstante, z. B. von einigen 10 Sekunden, eingestellt werden, was gewährleistet, daß sich die Adaption nicht destabilisierend auf die Regelung auswirkt. Wie aus Fig. 3 ersichtlich, kann der jeweilige Adoptionswert bei zwei verschiedenen Temperatu-

ren erfaßt werden, z. B. bei 40°C und bei 80°C, und dann kann aus diesen Werten auf den Adoptionswert bei jeder anderen Motortemperatur geschlossen werden. Wird dann der Motor ein anderes Mal bei 20°C gestartet, kann mit Hilfe dieser Motortemperatur und des Zusammenhangs gemäß Fig. 3 ein Adoptionswert abgeschätzt werden, obwohl wegen noch nicht betriebswarmer Sauerstoffsonde noch gar nicht adaptiert werden kann.

Der anhand von Fig. 3 kurz skizzierte Verfahrensablauf wird nun anhand von Fig. 2 ausführlicher erläutert. Nach dem Start des Motors 10 wird in einem Schritt s1 die Motortemperatur  $\vartheta_{MOT}$  gemessen. In einem Schritt s2 wird untersucht, ob die Regelungseinrichtung 13 bereits freigegeben wurde. Da der Motor eben erst gestartet wurde, ist dies noch nicht der Fall, woraufhin sich ein Schritt s3 anschließt, in dem für jeden einzelnen Zylinder der zugehörige Adoptionswert aus den für diesen Zylinder abgespeicherten Adoptionswert für 40°C und 80°C unter Verwendung der aktuell gemessenen Motortemperatur extrapoliert wird. Der für jeden Zylinder extrapolierte Adoptionswert wird an den jeweils zugehörigen der Addieren 17.1 bis 17.4 ausgegeben.

Der Durchlauf der Schritte s1, s2 und s3 wird so lange wiederholt, bis sich in Schritt s2 herausstellt, daß die Sauerstoffsonde betriebswarm ist und damit die Lambdaregelungseinrichtung 13 freigegeben werden kann. Diese Freigabe besorgt die Freigabeeinrichtung 14, die dann ein Freigabesignal an die Lambdaregelungseinrichtung 13 ausgibt. Dieses Signal wird auch an die Adaptionseinrichtung 15 gegeben, und zwar um diese freizugeben, wie auch an die Adoptionswert-Speicher/Extrapolier-Einrichtung 16, um deren weitere Arbeit zu sperren. Gleichzeitig mit dem sperren der zuletzt genannten Einrichtung und dem Freigeben der Adaptionseinrichtung werden die aktuell abgeschätzten Adoptionswerte von der Adoptionswert-Speicher/Extrapolier-Einrichtung 16 in die Adaptionseinrichtung 15 übertragen, damit diese ausgehend von diesen abgeschätzten Werten weiter adaptiert. Diese Übernahme der abgeschätzten Werte für die weitere Adaption ist im Flußdiagramm von Fig. 2 durch einen Schritt s4 veranschaulicht.

Nach Schritt s4 werden auf Dauer nur noch Schritte s5, s6, s7 und s9 durchlaufen, unter Umständen mit Verzweigungen zu Schritten s9 bzw. s10, falls in den Schritten s7 bzw. s9 bestimmte Bedingungen erfüllt sind.

Im Schritt s5 erfolgt Adaption für jeden der vier Regelfaktoren. Der jeweils ermittelte Adoptionswert wird an jeweiligen der Addierer 17.1 bis 17.4 ausgegeben. In Schritt s6 wird die Motortemperatur  $\vartheta_{MOT}$  gemessen. In Schritt s7 wird untersucht, ob diese 40°C entspricht. Ist dies der Fall, wird in Schritt s8 für jeden des Zylinders der zugehörige aktuelle Adoptionswert in der Adoptionswert-Speicher/Extrapolier-Einrichtung 16 abgespeichert. Anschließend folgt wieder Schritt s5. Ist die Motortemperatur nicht 40°C, wird in einem Schritt s9 überprüft, ob sie 80°C ist. Solange dies noch nicht der Fall ist, werden die Schritte s5, s6, s7 und s9 mehrfach durchlaufen. Beträgt jedoch die Motortemperatur 80°C, wird in Schritt s10 für jeden Zylinder der jeweils aktuelle Adoptionswert in die Adoptionswert-Speicher/Extrapolier-Einrichtung 16 eingeschrieben. Dann laufen auf Dauer nur noch die Schritt s5, s6, s7 und s9 ab. Um den Ablauf zu verkürzen, kann auf Schritt s5 eine Abfrage erfolgen, ob die Motortemperatur über 80°C liegt oder ob ein Flag gesetzt ist, das mit dem Erreichen von Schritt s10 gesetzt wurde. Dann werden immer nur der

Schritt s5 und der genannte Abfrageschritt durchlaufen.

Für das Ausführungsbeispiel ist der lineare Zusammenhang von Fig. 3 für die Abhängigkeit des Adoptionswertes von der Motortemperatur vorausgesetzt. Für variable Ventilsteuerung wurden jedoch unterschiedlichste Lösungsmöglichkeiten vorgeschlagen, wie mechanische Ansteuerungen, hydraulische Ansteuerungen oder elektromechanische Ansteuerungen. Es sind daher die unterschiedlichsten Temperaturabhängigkeiten der Stellcharakteristik zu erwarten, jedoch ist es unwahrscheinlich, daß Unstetigkeitsstellen oder sehr komplizierte Verläufe auftreten. Vielmehr ist anzunehmen, daß alle Temperaturlängen durch relativ einfache Funktionen beschrieben werden, so daß es in aller Regel ausreichen wird, Adoptionswerte bei drei unterschiedlichen Motortemperaturen zu erfassen, um daraus den Temperaturlang zu ermitteln, mit Hilfe dessen der Adoptionswert für eine beliebige Motortemperatur abgeschätzt werden kann, wie sie in einem Zeitraum vorliegt, zu dem eine Sauerstoffsonde noch nicht betriebsbereit ist. 15

Beim Ausführungsbeispiel wurde angenommen, daß die Winkel für das Öffnen der Einlaßventile konstant sind und nur die Schließwinkel variiert werden. Es kann jedoch auch gerade umgekehrt sein, oder beide Winkel können variiert werden. Derartige Details sind für das Prinzip der Erfindung unerheblich. Für diese ist allein entscheidend, daß der Temperaturlang der Stellcharakteristik durch das Erfassen von Adoptionswerten bei unterschiedlichen Motortemperaturen erfaßt wird und dann aus dem Temperaturlang der Stellcharakteristik auf einen Adoptionswert geschlossen wird, solange eine Sonde noch nicht betriebsbereit ist. 25

Wie bereits weiter oben erwähnt, ist in Fig. 1 noch eine Einrichtung 19 für Einzelzylindermaßnahmen als Option eingezeichnet. Dies nur, um Fig. 1 in Übereinstimmung mit Fig. 3 des Dokumentes P 39 40 752 zu bringen. Eine Einzelzylindermaßnahme ist insbesondere das Abschalten einzelner Zylinder im unteren Lastbereich. 40

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur adaptiven Einzelzylinder-Lambda-regelung der Einlaßventil-Öffnungszeitspannen bei einem Motor mit variabler Ventilsteuerung, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- Ermitteln, ob Lambdaregelung freigegeben ist;
- wenn Lambdaregelung freigegeben ist:
  - Ausführen der Adaption;
  - Erfassen von Adoptionswerten für mindestens zwei Motortemperaturen für jeden Zylinder; und
  - Ableiten und Abspeichern mindestens zweier Werte aus den erfaßten Adoptionswerten für jeden Zylinder, welche Werte für den von der Motortemperatur abhängigen Verlauf des Adoptionswertes charakteristisch sind; und
- wenn Lambdaregelung noch nicht freigegeben ist:
  - Erfassen der aktuellen Motortemperatur;
  - Abschätzen des aktuellen Adoptionswertes für jeden Zylinder aus der aktuellen Motortemperatur und den mindestens zwei Werten, die für die Temperaturab-

hängigkeit des Adoptionswertes charakteristisch sind; und

— Verwenden des abgeschätzten Adoptionswertes für die adaptive Lambdaregelung.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beim Freigeben der Lambdaregelung der aktuell abgeschätzte Adoptionswert für jeden Zylinder als aktueller Anfangswert für die Adaption verwendet wird.

3. Vorrichtung zur adaptiven Einzelzylinder-Lambda-regelung der Einlaßventil-Öffnungszeitspannen bei einem Motor mit variabler Ventilsteuerung, mit:

- einer Einrichtung (12) zum Messen der Motortemperatur;
- einer Einrichtung (14) zum Ermitteln, ob Lambdaregelung freigegeben ist;
- einer Adaptionseinrichtung (15) zum Ausführen folgender Schritte, wenn Adaption freigegeben ist:
  - Ausführen der Adaption;
  - Erfassen von Adoptionswerten für mindestens zwei Motortemperaturen für jeden Zylinder; und
  - Ableiten und Abspeichern mindestens zweier Werte aus den erfaßten Adoptionswerten für jeden Zylinder, welche Werte für den von der Motortemperatur abhängigen Verlauf des Adoptionswertes charakteristisch sind; und
  - einer Speicher/Extrapolations-Einrichtung (16) zum:
    - Abspeichern der genannten mindestens zwei Werte für jeden Zylinder;
    - Abschätzen des aktuellen Adoptionswertes für jeden Zylinder aus der aktuellen Motortemperatur und den mindestens zwei Werten, die für die Temperaturabhängigkeit des Adoptionswertes charakteristisch sind; und
    - Verwenden des abgeschätzten Adoptionswertes für die adaptive Lambdaregelung.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

**- Leerseite -**

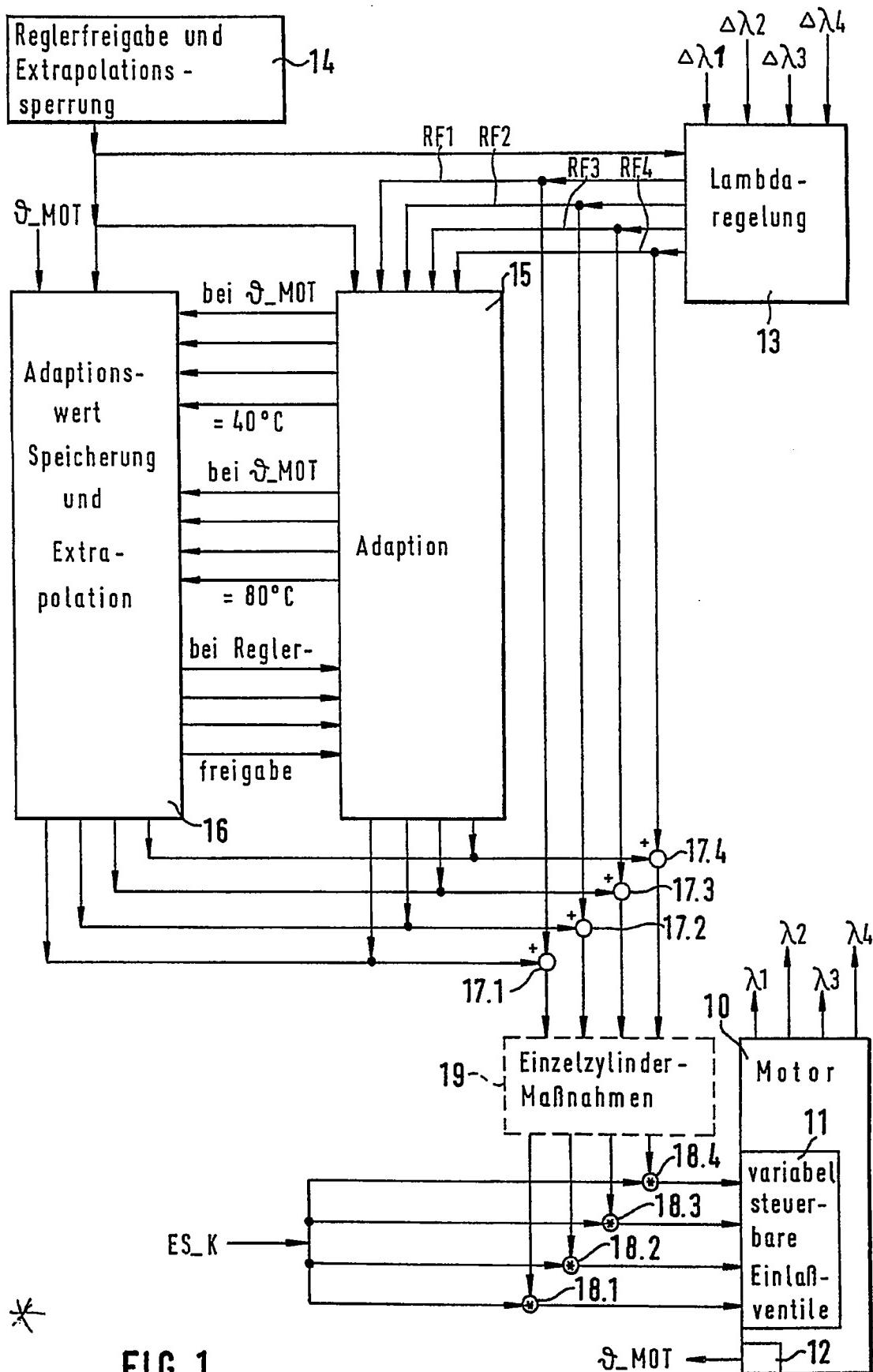


FIG. 1

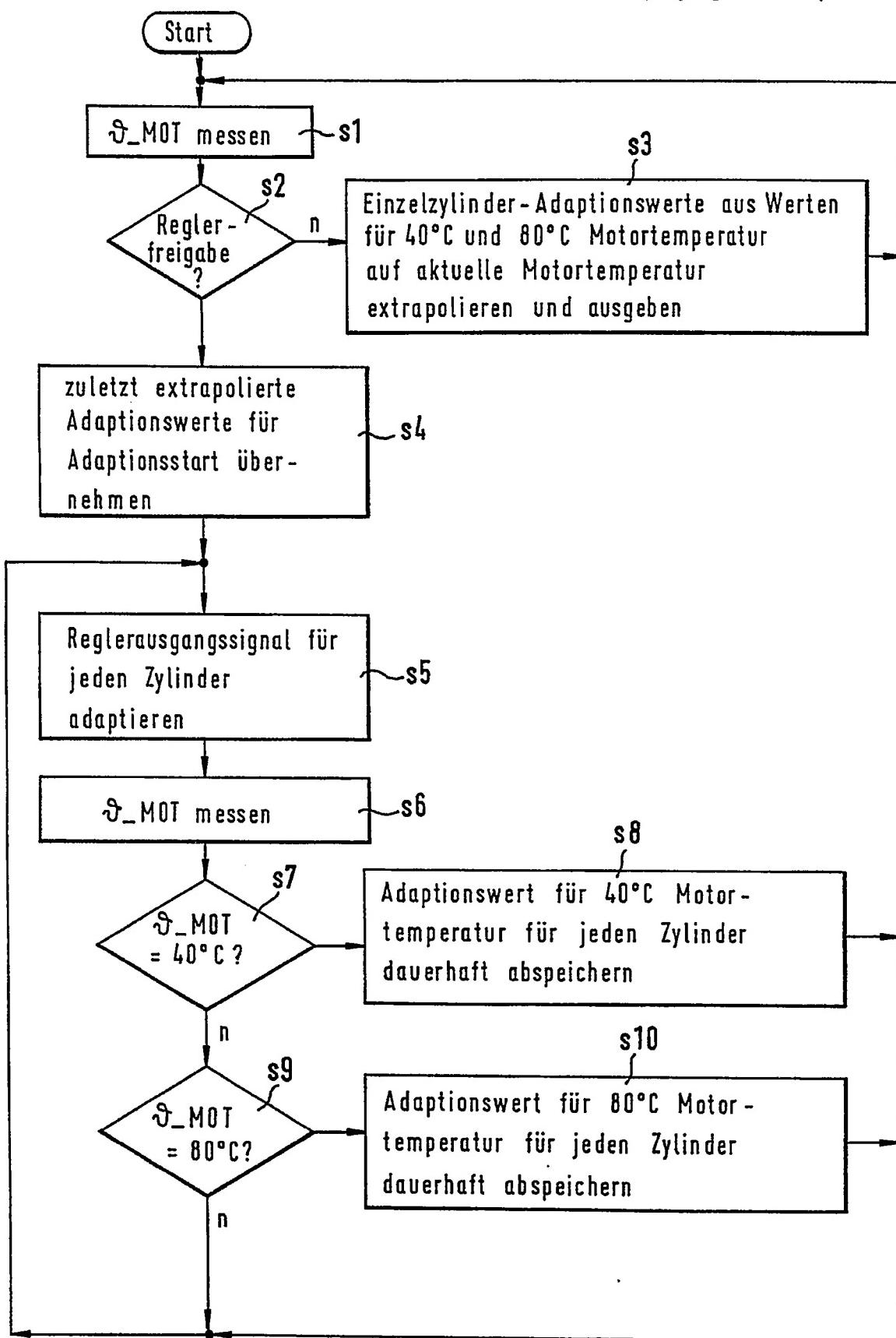
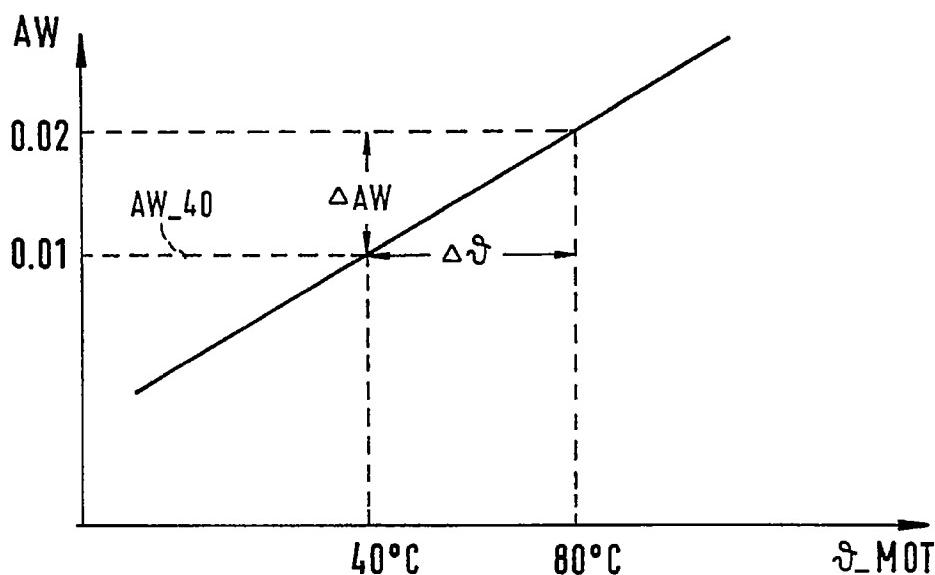


FIG. 2



$$AW = AW_{40} + (\Delta AW / \Delta \vartheta) \cdot (\vartheta_{MOT} - 40^\circ C)$$

FIG. 3